

橡胶毯式防缩机的预缩机理及缩率控制的探讨

傅 旦 陈春堂

(常州红光棉织厂)

【摘要】 本文对橡胶毯预缩织物的作用原理作了较全面的论述,探讨了长期以来在这方面的一些模糊认识,为更好地掌握使用该类设备,推进我国棉织物的防缩整理技术,改进和设计新型橡胶毯预缩机提供了依据。

织物通过橡胶毯式防缩机被收缩的量,是由于橡胶毯在加压辊和承压锡林之间被挤压伸长之后的反弹作用而获得的。如果在加压辊和承压锡林的挤压点的同一位置上,同时在橡胶毯和承压锡林上做标记,则当橡胶毯离开挤压点不久可发现承压锡林上的标记稍微超前橡胶毯上的标记,当承压锡林继续前进,橡胶毯就继续反弹,如此粘附在橡胶毯上的织物就被收缩而缩短。然而对于织物来说,要保持其真正的收缩状态,仅依靠橡胶毯的这种反弹收缩外力显然是不够的,还必须依靠织物内部作用力,即当含有一定水分的织物进入高温锡林与同时起收缩和密封作用的橡胶毯之间时,适量的被汽化的水分被迫进入纤维内部,使纤维中空急速膨胀,纱线直径变粗,经纱屈曲增大,产生长度方向的收缩应力,再借助橡胶毯的反弹收缩力,才能完成织物的收缩作用。

为了直接观察防缩机上橡胶毯与织物之间相互作用的运动规律,笔者在预缩机理的论证计算中,采用了两只同型号的速度仪同步测速的方法,获得橡胶毯和织物各相关运动点的速度数据,并与实际测量的方法相比较。

一、橡胶毯运动的基本规律

预缩机上的橡胶毯是由承压锡林或加压辊的传动带动的。在整个回转过程中,橡胶毯先是因包绕在加压辊表面发生包绕伸长变形,当转移到加压辊与承压锡林两中心连线附近时,受到挤压而产生伸长变形,并形成一定宽度的挤压伸长区(宽度随挤压量的变化而变化),随着橡

毯继续回转,越过挤压伸长区,橡胶毯发生反弹收缩,完成弹性恢复。橡胶毯继续前进,通过冷水喷淋冷却,经过轧水辊,除去表面多余水分后,又重新回到加压辊表面,完成橡胶毯的一个运动周期。橡胶毯运动的周而复始,把先是粘附在包绕伸长的橡胶毯表面的织物转移到挤压伸长的橡胶毯表面,然后转移到橡胶毯的反弹收缩部位,从而使织物得到收缩,完成预缩作用。为便于讨论,把橡胶毯的运动全过程划分为四个区域即包绕伸长区A;挤压伸长区B;反弹收缩区C;冷却预备区D(见图1)。

A区域的橡胶毯表面伸长率:

$$e = (a - b) / b = \delta / (2r + \delta) \quad (1)$$

式中: δ 为橡胶毯厚度; r 为加压辊半径; a 为

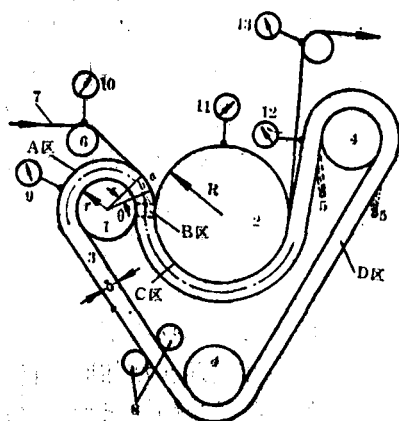


图1 橡胶毯运动过程

1-加压辊; 2-承压锡林; 3-橡胶毯; 4-橡胶毯导辊; 5-喷淋冷却; 6-进布导辊; 7-织物; 8-轧水辊; 9-包绕伸长的橡胶毯表面测速点; 10-进布测速点; 11-承压锡林表面测速点; 12-橡胶毯直线部测速点; 13-出布测速点。

对应于 θ 角的橡胶表面长度, $a = \theta(r + \delta)$;
 b 为对应于 θ 角的橡胶中心线长度, $b = \theta(r + \delta/2)$;

B 区域的橡胶挤压伸长率与挤压量成正比, C 区域的橡胶反弹收缩量等于挤压伸长量。在生产中, 只要控制对橡胶的挤压量即可控制橡胶在 C 区域内的反弹收缩量。

二、织物收缩率的控制和计算

1. 无挤压量时的情况

无挤压时, 橡胶从加压辊与锡林两中心连线处转移到承压锡林上的 C 区域时, 由于锡林表面曲率使橡胶表面产生一定的压缩变形(见图 1), C 区域表面压缩变形率 $= \delta / (2R + \delta)$ 。当织物粘附在橡胶表面进入预缩机时, 这种压缩变形被人误认为是使织物得到收缩的原因, 实际上, 织物不可能得到这部分的收缩作用。因为, (1) 随着橡胶继续回转到与承压锡林逐步脱离接触时, 橡胶的这种压缩变形也会逐步消失, 同时由于此时织物还是潮湿的, 可塑性大, 易伸长, 因此, 即使织物在进入橡胶机时能得到这部分的收缩作用, 也会在出橡胶机时失去; (2) 由于橡胶没有受到加压辊的挤压, B 区域就失去对织物的有效控制。而在 C 区域, 因橡胶的上机张力和自然弹性力的存在, 使得这一部分的橡胶对织物和锡林有较大的压力, 从而有效地控制着织物, 并接受锡林表面曲率影响而与橡胶表面速度同步前进, 不可能对织物产生收缩作用。实际测试的结果证明织物不会产生预缩作用。

2. 实施挤压时的情况

(1) 有效挤压时的织物收缩率

当挤压量由零开始逐步增加时, 橡胶的挤压伸长率和反弹收缩率也随之增加。当挤压量为零时, 挤压伸长区的两中心连线处取一极小的橡胶长度 Δl (见图 2a), 橡胶长方体的体积 $W = \Delta l \times \delta \times H$ (见图 2b), 式中 H 为橡胶宽度。在发生挤压变形时, 设长方体的边长分别为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 (见图 2c), 根据橡胶弹性理论,

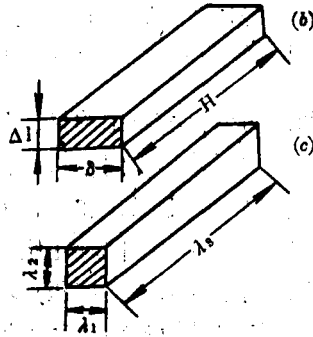
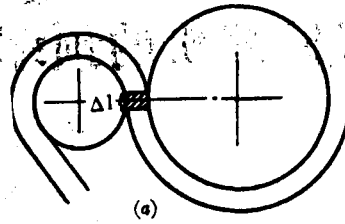


图 2 橡胶形变原理图

橡胶在伸长压缩变形时的体积变化不到 10^{-4} 数量级, 可认为在挤压变形时, 橡胶的总体积不变^[1]。

$$W = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3 \quad (2)$$

便于讨论, 令 $W = 1$ 。设长方体各个边长在未发生变形时为 100%

, 则变形后的边就为 $\lambda = 1 +$ 伸长百分率。如果所对应的边发生的是压缩变形, 则伸长百分率为负值。由于橡胶的挤压是在厚度方向受到压缩, 另外两边受到伸长, 因此, $\lambda_1 = 1 - x/\delta$; $\lambda_2 = 1 + \alpha$; $\lambda_3 = 1 + \beta$ 。式中 δ 为橡胶厚度, x 为挤压量, α 为橡胶纵向伸长率(即挤压区伸长率); β 为橡胶横向伸长率。由式(2)得

$$\lambda_2 = 1 / (1 - x/\delta)(1 + \beta) \quad (3)$$

$$\alpha = 1 / (1 - x/\delta)(1 + \beta) - 1 \quad (4)$$

相应的橡胶反弹收缩率:

$$\eta = (\text{伸长后的长度} - \text{原长度}) / \text{伸长后长度} = (\lambda_2 - 1) / \lambda_2$$

$$\text{则 } \eta = x/\delta + (x/\delta - 1)\beta \quad (5)$$

式中 β 值是根据不同挤压量时实测得到, 一般不超过 2%。

由(4)、(5)式可根据不同的挤压量计算出橡胶相应的挤压伸长率和反弹收缩率。当粘附在包绕伸长(A区域)橡胶表面的织物转移到 B 区域时, 如果挤压伸长率小于包绕伸长率(ϵ), 织物就不会按 A 区域橡胶表面速度同步地进入挤压伸长区 B, 而只能按照挤压伸长的橡胶表面速度进入 C 区域, 因此在 $\alpha < \epsilon$ 的范围内, 织物的收缩率将随着挤压量 x 值的增加而增

加, 并等于橡胶的相应的反弹收缩率。这种挤压称为有效挤压, 所得织物收缩率按式(5)计算。

必须指出, 在挤压时锡林表面曲率使橡胶表面产生的一定量压缩变形, 仍不能对织物产生有效的预缩作用。其收缩率只能等于橡胶在C区域的反弹收缩率。

(2) 最大有效挤压量和机组最大预缩能力

当挤压量增加到一定数值时, B区域内的挤压伸长率等于A区域的包绕伸长率。这时粘附在包绕伸长橡胶表面的织物同步进入挤压伸长区, 获得机组的最大预缩能力。挤压量继续增加, 即 $\alpha > \epsilon$, 包绕伸长的橡胶表面将在挤压伸长区内被额外伸长, 同样粘附在包绕伸长的橡胶表面上的织物转移到挤压伸长区内也被意外伸长, 这种意外伸长将会抵消织物在C区域内获得的部分收缩量, 在这种情况下, 虽然挤压量增加, 但织物实际获得的收缩率已不可

能增加, 出现了过度挤压。所以当 $\alpha = \epsilon$ 时实施的挤压量为最大有效挤压量, 以 x_{max} 表示。由公式(1)、(4)得:

$$x_{max} = \delta [1 + \frac{r + \delta/2}{(r + \delta)(1 + \beta)}] \quad (6)$$

ϵ 值的大小决定了橡胶机组的最大预缩能力。因此, 织物得到的最大收缩率

$$\eta' = \delta/2(r + \delta) \quad (7)$$

例如在美国产的橡胶预缩机上当 $r = 114.3$ 毫米; $\delta = 66.7$ 毫米, 根据式(7)计算的最大织物收缩率为 18.42%, 这与该机组介绍的最大预缩能力为 18% 是基本一致的^[2]。

当挤压量超过 x_{max} 时, 出现过度挤压, 其结果将造成对橡胶不必要的损伤及增加机组各传动部件的磨损。因此, 在实际操作中, 应尽可能使用有效挤压获得所需的预缩率。

(3) 橡胶机挤压情况下的速度测试分析 (见表)

| 序号 | 挤压量 (毫米) | 锡林表面速 (米/分) | 包绕伸长区表面速 (米/分) | 进布速 (米/分) | 橡胶直线速 (米/分) | 出布速 (米/分) | 织物收缩率 (%) |
|----|----------|-------------|----------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | 6.35 | 42 | 46.5 | 42 | 38 | 37.8 | 10 |
| 2 | 9.52 | 41 | 43.5 | 41 | 35.5 | 35.4 | 13.6 |
| 3 | 12.7 | 40 | 40.3 | 40 | 32.8 | 32.8 | 18 |
| 4 | 13.36 | 41.5 | 41.5 | 41.5 | 34 | 33.9 | 18.3 |
| 5 | 14.28 | 41 | 40.2 | 40.4 | 33 | 33 | 18.3 |

注: 橡胶机是美国莫里森公司生产, 测试部位见图 1。

在有效挤压时, 加压辊上包绕伸长的橡胶表面速大于承压锡林表面速 (见表中序号 1, 2, 3), 这时织物不按包绕伸长的表面速同步进入挤压伸长区, 而是按挤压伸长的橡胶表面速前进, 使进布速等于承压锡林表面速 (承压锡林主传动), 同时出布速等于橡胶直线速度, 随着挤压量增加, 橡胶直线速度下降, 则织物所得收缩率上升。在挤压量达到最大有效值时 (见表中序号 4), 包绕伸长的橡胶表面速等于承压锡林表面速, 粘附在包绕伸长橡胶表面的织物按该表面的速度同步进入挤压伸长区, 这时所得收缩率最大, 当再次增加挤压量

(见表中序号 5), 即产生过度挤压, 包绕伸长区的橡胶表面速低于承压锡林表面速, 同时进布速开始低于承压锡林表面速, 即进入挤压区内的织物已受到一定量的拉伸, 这时虽然出布速下降, 但进布速也下降, 其织物收缩率没有增加。

三、加压辊直径与橡胶厚度的合理配置

由于橡胶有一定的弹性极限, 过大的形变会造成橡胶内部分子链断裂而迅速损坏。一般橡胶的形变率极限值为 30% 左右, 使用中最好不超过 25%, 机组上橡胶的最大形变率在

不产生过度挤压的情况下，就是橡胶在加压辊的包绕伸长率，可按式(1)计算。对于不同直径的加压辊，所配橡胶的厚度是不同的。例如半径 r 为 75 毫米的加压辊，橡胶厚度 $\delta \leq 50$ 毫米； r 为 90 毫米时， $\delta \leq 60$ 毫米； r 为 100 毫米时， $\delta \leq 66.7$ 毫米。如果在 r 为 75 毫米加压辊上，配用 66.7 毫米厚的橡胶，橡胶在加压辊上的包绕伸长(形变)率高达 30.8%，超过橡胶的弹性极限，这时的橡胶即使不被挤压运转，也会很快损坏。

由式(7)可见，要提高机组的最大预缩能力，可选用较小直径的加压辊或选用较厚的橡胶，即提高 ϵ 值就能提高机组的预缩能力。但由于橡胶受到最大允许形变率的限制， ϵ 值不能过大。下面列出国内橡胶机常见的几种加压辊半径，建议配置的橡胶最大厚度值(考虑到国产橡胶的质量， ϵ 值宜选较小值)。

- $r = 75$ 毫米, $\delta = 40$ 毫米, $\epsilon = 21\%$;
- $r = 90$ 毫米, $\delta = 50$ 毫米, $\epsilon = 21.7\%$;
- $r = 100$ 毫米, $\delta = 55$ 毫米, $\epsilon = 21.6\%$ 。

以上三种配置其最大预缩能力都能达到 17.5% 左右。图 3 为两种不同加压辊直径机型的预缩能力变化曲线图。两曲线比较，曲线 2 的变化趋势较曲线 1 缓和，相对其橡胶的有效使用期可延长，并得到较稳定的预缩能力。例如，工艺要求橡胶机预缩能力不低于 15%，每次研磨橡胶的磨削量为 0.8 毫米，则用 $r = 90$ 毫米，

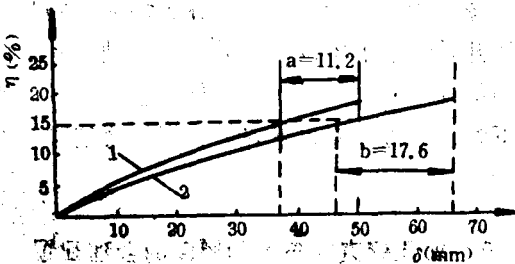


图 3 预缩能力变化曲线

1— r 为 90mm, δ 为 50mm,
 2— r 为 114.3mm, δ 为 66.7mm;
 可磨去厚度每次为 0.8mm 时, a 为 14
 次, b 为 22 次,

$\delta = 50$ 毫米的橡胶时，可进行十四次研磨，而用 $r = 114.3$ 毫米， $\delta = 66.7$ 毫米的橡胶时，可进行二十二次研磨。因此，在机型选用和老机改造时，在考虑机组最大预缩能力的同时也要注意橡胶的使用寿命。

对于承压锡林，选用较大的直径可增加与织物的接触长度，在保证织物中水分汽化、纤维膨胀、长度收缩的前提下，相对来说，可提高运转速度，获得较好的使用效果。

四、结论

1. 织物通过橡胶机产生预缩作用是由两个因素决定：(1)由于橡胶在加压辊和承压锡林之间被挤压伸长后产生的反弹收缩力；(2)含有适量水分的织物进入高温的锡林与同时起收缩和密封作用的橡胶之间，迫使部分被汽化的水分进入纤维空腔急速膨胀，使织物内部产生收缩应力，并借助橡胶的反弹力控制其收缩量。

2. 橡胶机对织物的预缩作用是一种可以控制的过程，即控制加压辊对橡胶的挤压深度，可直接控制织物的收缩量。

3. 橡胶机组的最大预缩能力是由加压辊直径与橡胶厚度决定的。加压辊直径愈小，橡胶厚度愈厚，则机组对织物所产生的缩率愈大，一定直径的加压辊能够配用的橡胶厚度受到橡胶在加压辊表面产生的形变极限的限制。

4. 对橡胶的挤压超过一定范围造成过渡挤压时，不但织物收缩量不增加，反而会增加机组零部件的磨损和缩短橡胶的使用寿命。

5. 用较大直径的加压辊，可使因研磨橡胶而厚度逐渐变薄时，预缩能力下降的趋势减缓，延长橡胶的有效使用期。

收稿日期：1987年12月28日。

参 考 资 料

[1] L. R. G. 特雷劳尔著：《橡胶弹性物理学》，P50，北京化学工业出版社，1982年[英]。
 [2] 美国莫里森纺织机械公司橡胶防缩机产品说明书。